

Auslage 5A
Zur Mag.-Vorl. Nr.

BEBAUUNGSPLAN NR. 652 A
„KAISERLEI NORDOST; HOCHHAUS“

GUTACHTEN
BAUGRUND UND GRÜNDUNG SOWIE ORIENTIERENDE
UMWELTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN

STAND 18.08.2023

Offenbach
am Main

OF



GUTACHTEN

Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 652 A**
"Kaiserlei Nordost – Hochhaus"
Offenbach am Main

Gegenstand: **Baugrund und Gründung sowie**
orientierende umwelttechnische
Untersuchungen

Auftraggeber: **Nordring Offenbach GmbH & Co. Erwerbs KG**
Wiesenhüttenstraße 17
60329 Frankfurt am Main

Datum: **3. November 2022**

Textseiten: **30**

Anlagen: **4**

Projektnummer: **5818-819/528 -16165 (bei Schriftwechsel bitte angeben)**

Erd- und Grundbau
Spezialtiefbau
Fels- und Tunnelbau
Deponie- und Dammbau
Straßenbau
Geothermie
Umwelttechnik
Alllastensanierung
Gebäuderückbau

Bodenmechanisches Labor
Baugrunduntersuchungen
Grundwasseruntersuchungen
Geotechnische Messungen
Alllastenerkundung
Geotechnische Beratung
Statische Berechnungen
Objektplanung
Bauüberwachung
Bauschadensanalysen



INHALTSVERZEICHNIS

1	Vorgang	4
2	Unterlagen	5
3	Örtliche Verhältnisse / Planung	7
	3.1 Örtliche Verhältnisse	7
	3.2 Planung	8
4	Untersuchungsumfang	9
5	Baugrundaufbau	10
	5.1 Allgemeine Angaben zu den geologischen Untergrundverhältnissen	10
	5.2 Baugrundverhältnisse / Schichtenverlauf	11
	5.3 Bodenmechanische Laborversuche	13
	5.3.1 Bestimmung der Korngrößenverteilung	15
	5.3.2 Bestimmung der Konsistenzgrenzen	15
	5.3.3 Bestimmung der Dichte, der undrainierten Scherfestigkeit sowie der Druckfestigkeit	16
	5.3.4 Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit	17
6	Bodenklassen und erdstatische Rechenwerte	17
7	Grundwasser	19
8	Versickerung von Niederschlags- und Oberflächenwasser	20
9	Erdbebennachweis	21
10	Vorläufige Bewertung der Gründung	21
	10.1 Allgemeines, Vorbemerkungen	21
	10.2 Hochhaus	22
	10.3 Siebengeschossiger Neubau	22
11	Baugrubenherstellung	23
12	Wasserhaltung	24
13	Bauwerksabdichtung	25
14	Wegebau	25
15	Orientierende umwelttechnische Untersuchungen	26
	15.1 Untersuchungsumfang	26
	15.2 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen	27
16	Schlussbemerkung	29
17	Zusammenfassung	30



ANLAGENVERZEICHNIS

- Anlage 1 Lageplan mit Bohr- und Sondieransatzpunkten**

- Anlage 2 Bohr- und Sondierergebnisse Schnitt A-A bis Schnitt C-C**
 - Anlage 2.1 Schnitt A-A**
 - Anlage 2.2 Schnitt B-B**
 - Anlage 2.3 Schnitt C-C**

- Anlage 3 Bodenmechanische Laborversuche / Versuchsprotokolle**
 - Anlage 3.1 Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Nass-/Trockensiebung**
 - Anlage 3.2 Bestimmung der Fließ und Ausrollgrenze**
 - Anlage 3.3 Dichte ungestörter Sonderproben**
 - Anlage 3.4 Undrainierte Scher-/Druckfestigkeit**
 - Anlage 3.5 Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit**

- Anlage 4 CAL-Untersuchungsbericht Nr. 201909522 vom 02.10.2019**



1 Vorgang

Östlich der BAB 661 wird in Offenbach das durch den Nordring, den Goethering und die Kaiserleistraße umgrenzte Gebiet im Rahmen eines städtebaulichen Konzepts entwickelt. Das Planungsgebiet ist in der Abbildung 1 dargestellt (vgl. Abbildung 1 und Abbildung 2). In diesem Gutachten gegenständlich ist der Bereich des Bebauungsplans Nr. 652 A „Kaiserlei Nordost“ – Hochhaus mit den Flurstücken 17/8 und 355/7. Der ursprüngliche Bebauungsplan Nr. 652 umfasste auch die östlich angrenzenden Flurstücke. Da das Flurstück 355/7 eine bestehende öffentliche Grünfläche ist, die im Bestand gesichert werden soll, ist in diesem Bereich keine Bodenuntersuchungen notwendig.



Abbildung 1: Flurstücke 355/7 und 17/8

In diesem Zusammenhang wurde die Baugrundinstitut Franke-Meißner und Partner GmbH (BFM), Wiesbaden, von der Nordring Offenbach GmbH & Co. Erwerbs KG, Frankfurt am Main, u. a. beauftragt, die Baugrundverhältnisse des Flurstücks 17/8 zu erkunden, Baugrund und Gründung sowie das Versickerungsvermögen des Untergrundes zu beurteilen. Zusätzlich sollen orientierende umwelttechnische Untersuchungen Aufschluss über mögliche Bodenverunreinigungen geben.



Die Ergebnisse der durchgeführten Baugrunderkundung und der chemischen Analysen, deren Dokumentation sowie deren Bewertung sind Gegenstand dieses geotechnischen Gutachtens.

2 Unterlagen

- [1] planquadrat Elfers Geskes Krämer PartG mbB, Aufforderung zur Angebotsabgabe mit Projekterläuterungen und Lageplänen vom 24.05.2019.
- [2] Kümmerle, E. und Seidenschwann, G. (1993): Geologische Karte von Hessen 1:25.000 Blatt 5818 Frankfurt am Main Ost, 3., neu bearbeitete Auflage, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden.
- [3] Kümmerle, E. und Seidenschwann, G. (1993): Erläuterungen zur Geologische Karte von Hessen 1:25.000 Blatt 5817 Frankfurt am Main Ost, 3., neu bearbeitete Auflage, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden.
- [4] Ausgewählte Schichtenverzeichnisse und Bohrprofile aus dem Bohrdatenarchiv des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG).
- [5] Baugrundinstitut Franke-Meißner und Partner GmbH, MainOffice II, Kaiserleistraße, 63067 Offenbach – Abfall- / umwelttechnische Untersuchung der Gebäudesubstanz und des Bodens (Auffüllung), Gutachterliche Stellungnahme vom 26.02.2003.
- [6] Baugrundinstitut Franke-Meißner und Partner GmbH, Geplante Veräußerung der Liegenschaft Nordring 150 / Kaiserleistraße 19 in 63067 Offenbach – Umwelttechnische Untersuchungen für die Medien Boden, Bodenluft und Grundwasser, Gutachterliche Stellungnahme vom 17.12.2009.
- [7] Baugrundinstitut Franke-Meißner und Partner GmbH, Revitalisierung „Main Park“ Kaiserleistraße 29-35, 63067 Offenbach – Baugrund und Gründung, Gutachten vom 21.12.2017.
- [8] Handbuch Eurocode 7 Geotechnische Bemessung – Band 1 – Allgemeine Regeln, von DIN konsolidierte Fassung, Beuth Verlag, Stand 2015-12.
- [9] Handbuch Eurocode 7 Geotechnische Bemessung – Band 2 – Erkundung und Untersuchung, von DIN konsolidierte Fassung, Beuth Verlag, Stand 2011-06.
- [10] DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt DWA-A138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Stand April 2005.



- [11] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Planungskarte zur DIN 4149: 2005-04, Erdbebenzonen und geologische Untergrundklassen für Hessen, M 1:200.000.
- [12] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (2012): Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB), 5., vollständig überarbeitete Auflage, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V.
- [13] DIN 18533-1:2017-07: Abdichtung von erdberührenden Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsansätze.
- [14] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement FGSV: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen – RStO 12, Ausgabe 2012.
- [15] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau FGSV: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau – ZTV E-StB 17, Ausgabe 2017.
- [16] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 32 – PN 98 Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen, Stand Dezember 2001.
- [17] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20 – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln, Stand 06.11.2013.
- [18] Regierungspräsidium Darmstadt, Gießen, Kassel, Abt. Staatliche Umweltämter: Merkblatt "Entsorgung von Bauabfällen", Stand 01.09.2018.
- [19] Verordnung über Deponie und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV), Stand 27.09.2017.



3 Örtliche Verhältnisse / Planung

3.1 Örtliche Verhältnisse

Das rd. 13.300 m² große Flurstück 17/8 liegt im Stadtteil Kaiserlei unmittelbar östlich der Autobahnbrücke der BAB 661 und rd. 50 m südlich des Mains. Es wird im Norden durch den Nordring, im Osten durch zwei private Grundstücke und im Süden durch die Kaiserleistraße begrenzt.

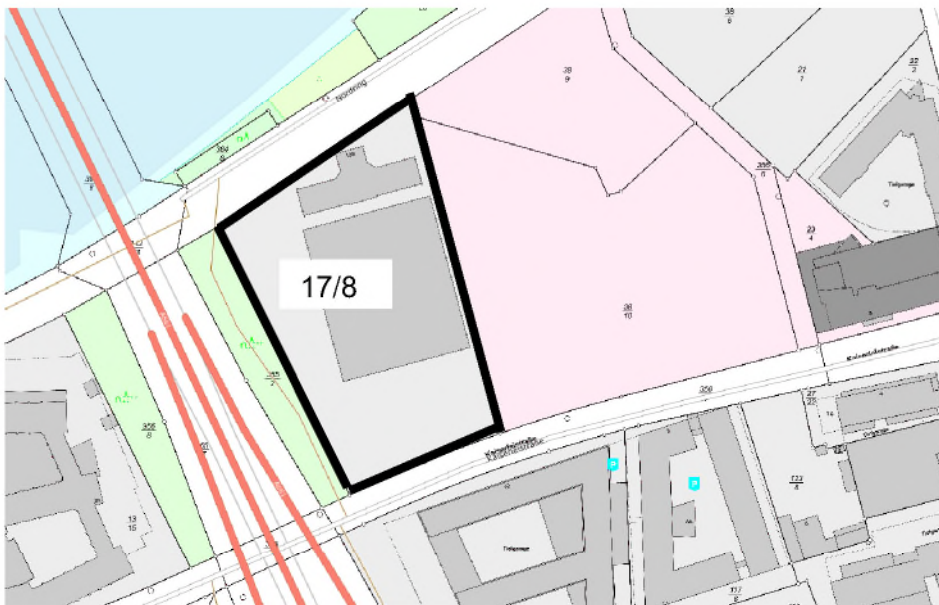


Abbildung 2: Flurstücksplan

Im Zusammenhang mit der ehemals östlich des Flurstücks ansässigen Teerfabrik und der damit verbundenen Schadstoffbelastung im Grundwasser findet derzeit auf dem benachbarten Grundstück eine passive Grundwassersanierungsmaßnahme mittels der funnel-and-gate Methode statt.

Zum jetzigen Zeitpunkt ist das Flurstück 17/8 teilweise bebaut. Bei der Bebauung handelt es sich um eine rd. 4.300 m² große, leerstehende Lagerhalle im zentralen Grundstücksbereich sowie um ein Bürogebäude mit drei Obergeschossen in der nördlichen Grundstücksecke. Umgeben werden die Gebäude von gepflasterten Flächen, die zur verkehrstechnischen Erschließung und als PKW-Parkplätze dienen. Jeweils an den Rändern des Flurstücks sind Grünstreifen vorhanden.



Das Gelände liegt größtenteils auf einem einheitlichen Höhenniveau einige Dezimeter unterhalb der im Süden angrenzenden Kaiserleistraße. Nördlich der Grundstücksgrenze steigt das Gelände in Richtung der Straße Nordring mit einer Böschung deutlich an. Die Fußbodenoberkante der leerstehenden Lagerhalle liegt bei rd. 97,05 m NN.

3.2 Planung

Nach den vorliegenden Planungsunterlagen [1] sind ein rd. 120 m hohes Hochhaus und ein siebengeschossiger U-förmiger Gebäuderiegel geplant. Detaillierungen zur geplanten Unterkellerung (Tiefgarage) liegen zwar noch nicht vor, es kann aber gemäß der ausgewählten Entwürfe der Mehrfachbeauftragung von einer zweifachen Unterkellerung ausgegangen werden. Im Gutachten werden beide Planungsfälle (1- und 2-geschossige Tiefgarage) betrachtet.

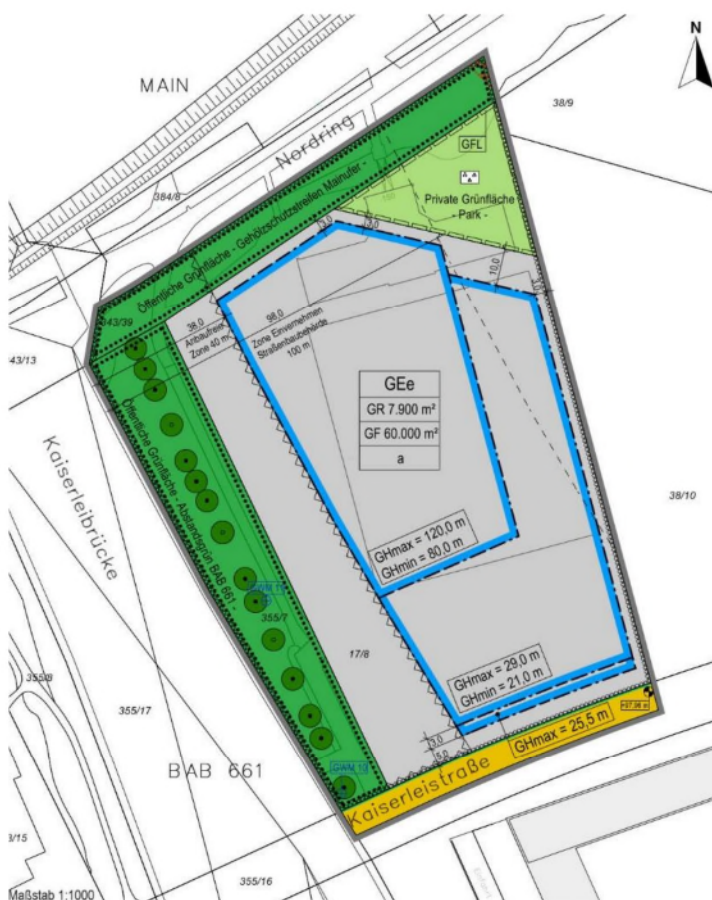


Abbildung 3: Entwurf des Bebauungsplans Nr. 652 A



4 Untersuchungsumfang

Zur Baugrunderkundung und zur orientierenden umwelttechnischen Untersuchung wurden im Auftrag von BFM im Zeitraum vom 09.09.2019 bis zum 18.09.2019 durch die Terrasond Gesellschaft für Baugrunduntersuchungen mbH & Co. KG insgesamt sechs maschinelle Kernbohrungen – nachfolgend als BK 1 bis BK 6 bezeichnet – bis in eine Tiefe von rd. 25 m bzw. im Bereich des Hochhauses bis in eine Tiefe von rd. 50 m unter lokaler Gelände­fläche ausgeführt. Weiterhin wurden durch die Baugrundinstitut Franke-Meißner und Partner GmbH sieben Sondierungen mit der schweren Rammsonde – nachfolgend als DPH 1 bis DPH 7 bezeichnet – bis in eine Tiefe zwischen ca. 11 m und ca. 15 m unterhalb der Geländeoberfläche niedergebracht.

Die Lage der Bohr- und Sondieransatzpunkte ist dem als Anlage 1 beigefügten Lageplan zu entnehmen. Die Ergebnisse der maschinellen Kernbohrungen und der schweren Rammsondierungen sind in Anlage 2 als Schnitte dargestellt.

An ausgewählten Bodenproben wurde die Korngrößenverteilung, die Fließ- und Ausrollgrenze, die Dichte ungestörter Sonderproben, die undrainierte Scher- und Druckfestigkeit mittels Taschenflügelsonde und Taschenpenetrometer sowie die einaxiale Druckfestigkeit bestimmt. Der detaillierte Untersuchungsumfang und die aus den Versuchen gewonnenen Ergebnisse werden in Abschnitt 5.3 erläutert.

Zur orientierenden Überprüfung des Bodens auf mögliche Verunreinigungen und zur umwelttechnischen Vorabdeklaration von anfallenden Erdaushubmassen wurden ausgewählte Proben an das akkreditierte Labor CAL GmbH & Co. KG, Darmstadt übergeben. Die Probenzusammenstellung, der durchgeführte Analyseumfang sowie die Ergebnisse der umwelttechnischen Untersuchungen sind in Abschnitt 15 beschrieben.

Alle Bohr- und Sondieransatzpunkte wurden im Vorfeld der Baugrunderkundung durch die Fa. Kampfmittelsondierung Maximilian Becker mittels Sondierbohrungen auf im Untergrund verbliebende Kampfmittel überprüft und anschließend zur Durchführung der Erkundungsarbeiten freigegeben.



5 Baugrundaufbau

5.1 Allgemeine Angaben zu den geologischen Untergrundverhältnissen

Der Geologischen Karte von Hessen – Blatt 5818 Frankfurt am Main Ost - [2], den zugehörigen Erläuterungen [3], Datensätzen aus dem Bohrdatenarchiv des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) [4] sowie unseren Erkenntnissen und Erfahrungen aus vorausgehenden Untersuchungen in der näheren Umgebung des Projekts [5] bis [7] zufolge, stehen im Untersuchungsgebiet unter Oberflächenbefestigungen und anthropogenen Auffüllungen zunächst jüngere Hochflutsedimente des Mains, sog. Auenlehme, an. Diese an der Oberfläche stark verlehmt Schluffe mit lokal vorkommenden sandig-kiesigen Beimengungen werden in einem Tiefenbereich zwischen rd. 2 m bis 3 m unterhalb der lokalen Geländeoberfläche von fluviatilen Sedimenten der quartären Mainterrassen unterlagert. Diese kiesig-sandigen Ablagerungen können bis in Tiefen von rd. 8 m bis 9 m u. GOK reichen. Lokal können diese jedoch auch in geringerer Mächtigkeit anstehen. Die Kiessande bestehen neben lokal sandigen Lagen überwiegend aus Grobkies, der besonders an der Basis große Gerölle und sog. Driftblöcke enthalten kann.

Im Liegenden der quartären Sedimente steht tertiärer Rupelton, eine insgesamt recht homogene Schichtenfolge aus schluffigem Ton mit hohem Kalkgehalt, an. An der Basis des Rupeltons können örtlich begrenzt Meeressande anstehen. Hierbei handelt es sich weitestgehend um wenige Zentimeter bis Dezimeter mächtige Feinsandablagerungen.

Östlich und nördlich des Flurstücks 17/8 sind in der geologischen Karte sog. Verwerfungen verzeichnet. Dort wurde Rotliegendes (Sandstein, Schluffstein etc.) bereits in geringen Tiefen angetroffen.

Mit Grundwasser ist sowohl im Bereich der quartären Mainterrassen als auch im Bereich der grobkörnigeren Partien der tertiären Schichtenfolge zu rechnen. Die mittlere Grundwasserspiegelhöhe wird gemäß Beiblatt 3 zur Geologischen Karte von Hessen, Blatt 5818 Frankfurt am Main Ost, mit zwischen 94 m NN bis 95 m NN angegeben. Auf Grund der geringen Entfernung zum Ufer des Mains kann der Grundwasserspiegel von einer Hochwasserführung des Mains beeinflusst werden. In den Grundwasserkarten der Mainebene für den Bereich östlich von Frankfurt am Main wird der maximal gemessene Grundwasserstand nach der



Erhöhung des Mainstaus oberhalb der Staustufe Offenbach in den 1980er Jahren für das Jahr 1988 im untersuchten Bereich mit < 96 m NN angegeben. Bezüglich der vorgenannten Werte ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die nächstgelegenen Grundwassermessstellen deutliche Entfernungen zum Projekt aufweisen.

5.2 Baugrundverhältnisse / Schichtenverlauf

Mit den Aufschlussbohrungen BK 1 bis BK 6 wurden auf dem Projektgelände zunächst zwischen 0,7 m (BK 4) und 2,7 m (BK 2) mächtige Horizonte **Auffüllungen** erbohrt. Das granulometrisch überwiegend als schwach schluffiger, kiesiger Sand bzw. schwach schluffiger bis schluffiger, sandiger Kies und untergeordnet schwach kiesiger, stark sandiger Schluff zu beschreibenden Material ist nach DIN 18196 in die Bodengruppen [GI, GW, SW, SU, SU*] sowie [UM] einzustufen. Neben Wurzel- und Pflanzenresten kommen in diesen Schichten anthropogene Bestandteile, wie Ziegel-, Beton- und Sandsteinbruch, Splitt, Schotter und Schlackereste vor. Die mit der schweren Rammsonde ermittelten Schlagzahlen je 10 cm Eindringtiefe (N_{10}) von $N_{10} = 10$ bis $N_{10} = 227$ zeigen eine überwiegend mitteldichte und heterogene Lagerung der gemischtkörnigen Lagen auf. Organoleptisch im Hinblick auf die angrenzende Altlast auffällige Partien wurden mit den aktuellen Aufschlüssen nicht angetroffen.

Unterlagert werden die anthropogenen Auffüllungen von lokal vorkommendem **Auelehm**, den jüngeren Hochflutsedimenten des Mains. In einigen Bereichen der Aufschlussarbeiten war eine eindeutige Trennung der aufgefüllten Schichten von denen einer natürlichen Genese nicht möglich, weswegen diese Schichten in den Bohrungen BK 1, BK 2 und BK 4 teilweise als umgelagertes Bodenmaterial (A?) angesprochen wurden. Nach der geotechnischen Bodenansprache vor Ort sind die quartären Auenlehme als sandige bis stark sandige, z. T. schwach kiesige Schluffe der Bodengruppe UL bzw. SU* zu beschreiben.

In Tiefen zwischen ca. 1,2 m u. GOK und ca. 3,15 m u. GOK wird die Oberkante der **quartären Kiessande** der Mainterrassen erreicht. Das bis in Tiefen zwischen rd. 5,8 m und 6,8 m unter Bohransatzpunkt reichende Schichtpaket ist entsprechend der Bohrgutansprache vor Ort als kiesiger bis stark kiesiger, z. T. schluffiger Sand bzw. schwach schluffiger, sandiger bis stark sandiger Kies mit örtlichen Einlagerungen von Steinen zu beschreiben. Gemäß DIN 18196 sind diese Ablagerungen in die Bodengruppen GI, GW, SE, SW und SU einzustufen. Die durchgeführten Standard Penetration Tests (SPT) zeigen mit Schlagzahlen je 30 cm



Eindringtiefe von $N_{30} = 19$ bis $N_{30} = 32$ eine mitteldichte bis dichte Lagerung der quartären Kiessande auf. Die mit den schweren Rammsondierungen registrierten Sondierwiderstände liegen überwiegend im Bereich zwischen $N_{10} = 1$ und $N_{10} = 10$. An der Basis der fluviatilen Sedimente wurden häufig Schlagzahlen im Bereich zwischen $N_{10} = 19$ und $N_{10} = 34$ verzeichnet. Unter der Berücksichtigung der ermittelten Grundwasserhöhen ist von einer mitteldichten Lagerung der quartären Mainterrassen auszugehen. Die hohen Sondierwiderstände zwischen $N_{10} = 19$ und $N_{10} = 34$ sind erfahrungsgemäß auf die Einlagerung von Geröllen (speziell an der Basis des Schichtpaketes) zurückzuführen.

Im Liegenden der quartären Sande und Kiese wurde tertiärer **Rupelton** angetroffen. Der in einer monotonen Schichtenfolge abgelagerte und gem. DIN 18196 in die Bodengruppen TA, TM sowie OT einzustufende Rupelton, weist an seiner Oberkante eine steife Konsistenz auf, die mit zunehmender Tiefe als halbfest zu beschreiben ist. Granulometrisch handelt es sich um Ton mit schluffigen, schwach feinsandigen, z. T. stark feinsandigen. Die Basis des stark kalkhaltigen (++) Rupeltons wurde mit Aufschlusstiefen zwischen ca. 25,2 m u. GOK und rd. 50,0 m u. GOK nicht erreicht. Die mit der schweren Rammsonde ermittelten Schlagzahlen je 10 cm Eindringtiefe von $N_{10} = 5$ bis $N_{10} = 96$ lassen auf eine steife bis halbfeste Konsistenz schließen. Der annähernd lineare Anstieg der Schlagzahlen ist vermutlich einerseits auf die hohe Mantelreibung des bindigen Bodens am Sondiergestänge zurückzuführen. Andererseits ist auch eine mit der Tiefe und den wirksamen Spannungen zunehmende Festigkeit anzunehmen.

Innerhalb des Rupeltons wurden in den Bohrungen BK 1 und BK 2 in einem Tiefenbereich zwischen 24,3 m und 24,50 m (BK 2), 10,2 m und 10,40 m sowie 27,25 m und 27,45 m (BK 1) Kalksteinbänke aufgeschlossen. Die rd. 0,2 m mächtigen und zerbohrten Kalksteinbänke weisen eine mäßig harte bis harte Festigkeit auf.

Eine Zusammenfassung des mit den maschinellen Kernbohrungen aufgeschlossenen Schichtenverlaufs kann der nachfolgenden Tabelle 1 entnommen werden.



Tabelle 1: Ergebnisse der Aufschlussbohrungen.

Bohrungs-Nr.		BK 1	BK 2	BK 3	BK 4	BK 5	BK 6
Ansatzpunkt	[m NN]	96,92	96,82	96,94	97,15	97,10	97,03
Auffüllung	UK [m u. GOK]	1,50	2,70	2,20	0,70	2,30	0,70
	UK [m NN]	95,42	94,12	94,74	96,45	94,80	96,33
Auenlehm	UK [m u. GOK]	-	3,15	-	2,00	-	1,20
	UK [m NN]		93,67		95,15		95,83
Kiessande	UK [m u. GOK]	5,85	5,80	6,30	6,82	6,40	6,80
	UK [m NN]	91,07	91,02	90,64	90,33	90,70	90,23
Rupelton	UK [m u. GOK]	> E.T	> E.T	> E.T	> E.T	> E.T	> E.T
	UK [m NN]						
Endteufe	[m u. GOK]	50,00	49,90	50,00	25,55	25,20	26,00
	[m NN]	46,92	46,92	46,94	71,60	71,90	71,03
UK = Unterkante E.T. = Endteufe - = Horizont wurde nicht Aufgeschlossen							

5.3 Bodenmechanische Laborversuche

Zur Bestimmung der bodenmechanischen Eigenschaften der aufgeschlossenen Schichten, wurden an ausgewählten Bodenproben bodenmechanische Laborversuche durchgeführt. Die Probenauswahl sowie deren Untersuchungsumfang sind in Tabelle 2 aufgeführt.



Tabelle 2: Umfang der bodenmechanischen Laborversuche.

Proben- bezeichnung	Formation	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Untersuchungsumfang Bestimmung der ...
BK 1 / GP 1	Mainterrassen	3,5 - 5,85	Korngrößenverteilung - Sieben nach Abschlämmen (DIN EN ISO 17892-4)
BK 3 / GP 1	Mainterrassen	3,5 - 5,8	
BK 5 / GP 1	Mainterrassen	2,3 - 6,4	
BK 6 / GP 1	Mainterrassen	1,2 - 6,8	
BK 1 / UP 1	Rupelton	8,2 - 8,45	Fließ- und Ausrollgrenze (DIN EN ISO 17892-12)
BK 2 / UP 1	Rupelton	7,1 - 7,35	
BK 3 / UP 1	Rupelton	8,25 - 8,5	
BK 6 / UP 1	Rupelton	7,75 - 8,0	
BK 2 / UP 2	Rupelton	13,15 - 13,4	
BK 1 / UP 1	Rupelton	8,2 - 8,45	Dichte ungestörter Sonderproben (DIN 18125-2)
BK 2 / UP 1	Rupelton	7,1 - 7,35	
BK 3 / UP 1	Rupelton	8,25 - 8,5	
BK 6 / UP 1	Rupelton	7,75 - 8,0	
BK 2 / UP 2	Rupelton	13,15 - 13,4	
BK 5 / UP 1	Rupelton	10,5 - 10,75	
BK 1 / UP 3	Rupelton	25,55 - 25,8	
BK 1 / UP 1	Rupelton	8,2 - 8,45	Undrainierte Scher- / Druckfestigkeit (DIN 4094-4 / Taschenpenetrometer)
BK 2 / UP 1	Rupelton	7,1 - 7,35	
BK 3 / UP 1	Rupelton	8,25 - 8,5	
BK 6 / UP 1	Rupelton	7,75 - 8,0	
BK 2 / UP 2	Rupelton	13,15 - 13,4	
BK 5 / UP 1	Rupelton	10,5 - 10,75	
BK 1 / UP 3	Rupelton	25,55 - 25,8	einaxiale Druckfestigkeit (DIN EN ISO 17892-7)



5.3.1 Bestimmung der Korngrößenverteilung

Zur Abschätzung der Durchlässigkeit der Kiessande wurden Siebanalysen durchgeführt. Die Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes erfolgte nach BEYER (1964).

Tabelle 3: Korngrößenverteilung.

Probenbez.	C _u	C _c	Kornkennziffer	Bodenart gem. DIN 4022	Bodengruppe gem. DIN 18196	k _f -Wert [m/s] nach BEYER
BK 1 / GP 1	4,44	0,69	0 0 6 4 0	S,g*,u'	SE	9,15×10 ⁻⁴
BK 3 / GP 1	6,04	0,65	0 0 6 4 0	S+G,u'	GI	1,07×10 ⁻⁴
BK 5 / GP 1	3,19	0,88	0 0 7 3 0	S,g,u'	SE	5,99×10 ⁻⁴
BK 6 / GP 1	3,82	0,97	0 0 7 3 0	S,g,u'	SU	2,59×10 ⁻⁴

Die Kornverteilungskurven liegen diesem Gutachten als Anlage 3.1 bei. Wie der oben abgebildeten Tabelle 3 zu entnehmen ist, liegen die berechneten k_f-Werte im Bereich zwischen 1,1 × 10⁻⁴ m/s und 9,2 × 10⁻⁴ m/s, bei einem arithmetischen Mittel von rd. 4,7 × 10⁻⁴ m/s.

5.3.2 Bestimmung der Konsistenzgrenzen

Zur Überprüfung der im bergfrischen Zustand vorgenommenen bodenmechanischen Ansprache wurde an den in Tabelle 2 aufgeführten Proben des tertiären Rupeltons die Fließ- und Ausrollgrenze gem. DIN EN ISO 17892-12 bestimmt. Die entsprechenden grafischen Versuchsauswertungen sind Anlage 3.2 zu entnehmen. Eine Zusammenfassung der Versuchsergebnisse ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Ergebnisse aus der Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN EN ISO 1789-12.

Probenbez.	Bodenart gem. DIN 4022	Wassergehalt [%]	W _L [%]	W _P [%]	I _P [%]	I _c [%]	Bodengruppe gem. DIN 18196	Konsistenz
BK 1 / UP 1	T,u,s'	20,6	52,2	22,5	29,7	1,1	TA	halbfest
BK 2 / UP 1	T,u,s'	29,5	67,3	24,4	42,9	0,9	TA	steif
BK 3 / UP 1	T,u,s'	25,7	57,1	26,5	30,6	1,0	TA	halbfest
BK 6 / UP 1	T,u,s'	24,9	63,7	25,5	38,2	1,0	TA	halbfest
BK 2 / UP 2	T,u,s'	24,2	54,3	26,0	28,3	1,1	TA	halbfest
W _L = Fließgrenze		W _P = Ausrollgrenze		I _P = Plastizitätszahl		I _c = Konsistenzzahl		



Die natürlichen Wassergehalte der untersuchten Bodenproben des tertiären Rupeltons liegen zwischen 20,6 % und 29,5 %. Die ermittelten Fließgrenzen liegen im Bereich zwischen 52,2 % und 67,3 %, die Ausrollgrenzen zwischen 22,5 % und 26,5 %. Demnach ist der vor Ort aufgeschlossene Rupelton nach DIN 18196 in die Bodengruppe TA (ausgeprägt plastischer Ton) einzustufen und weist überwiegend eine halbfeste Konsistenz auf.

5.3.3 Bestimmung der Dichte, der undrainierten Scherfestigkeit sowie der Druckfestigkeit

Die Tabelle 5 zeigt die Ergebniszusammenfassung der durchgeführten Laborversuche zur Bestimmung der Dichte ungestörter Sonderproben, der undrainierten Scherfestigkeit mittels Taschenflügelsonde nach DIN 4094-4 sowie der Druckfestigkeit mittels Taschenpenetrometer.

Die Versuchsprotokolle liegen diesem Gutachten als Anlagen 3.3 und 3.4 bei.

Tabelle 5: Versuchsergebnisse an ungestörten Bodenproben.

Probenbez.	Bodenart	Wassergehalt	Feuchtdichte	Trockendichte	Undrainierte Scherfestigkeit (Taschenflügelsonde) [kN/m ²]		Einaxiale Druckfestigkeit (Taschenpenetrometer) [kN/m ²]	
					oben	unten	oben	unten
					[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
	gem. DIN 4022	Mittelwert [%]	[g/cm ³]	[g/cm ³]				
BK 1 / UP 1	T,u,s'	20,6	2,133	1,769	> 260	> 260	> 450	> 450
BK 2 / UP 1	T,u,s'	29,5	1,983	1,531	172	240	200	275
BK 3 / UP 1	T,u,s'	25,7	2,007	1,596	190	202	300	275
BK 6 / UP 1	T,u,s'	24,9	2,033	1,628	> 260	258	325	310
BK 2 / UP 2	T,u,s'	24,2	2,04	1,642	> 260	> 260	> 450	363
BK 5 / UP 1	T,u,s'	23,4	2,083	1,688	> 260	> 260	> 450	431
BK 1 / UP 3	T,u,s'	27,3	1,981	1,556	> 260	> 260	425	363

Wie der o.g. Tabelle zu entnehmen ist, liegt die an den ungestörten Proben des tertiären Rupeltons bestimmte Feuchtdichte zwischen 1,98 g/cm³ und 2,13 g/cm³.



Die mittels Taschenflügelsonde bestimmte undrainierte Scherfestigkeit schwankt zwischen 172 kN/m² und > 260 kN/m², die mit dem Taschenpenetrometer abgeleitete einaxiale Druckfestigkeit liegt im Bereich zwischen 200 kN/m² und > 450 kN/m².

5.3.4 Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit

Die einaxiale Druckfestigkeit wurde stichprobenhaft mit der im Tiefenbereich von 25,55 m u. GOK bis 25,8 m u. GOK entnommenen Probe „BK 1 / UP 3“ nach DIN EN ISO 17892-7 bestimmt. Das zur grafischen Versuchsauswertung erstellte Spannungs-Dehnungs-Diagramm liegt diesem Gutachten als Anlage 3.5 bei.

Demnach liegt die einaxiale Druckfestigkeit bei rd. 341 kN/m². Die Bruchdehnung bzw. Bruchstauchung liegt bei rd. 5,5 %.

Alle ermittelten Ergebnisse passen gut mit Literaturangaben und unseren Erfahrungen in Bezug auf die untersuchten Böden zusammen.

6 Bodenklassen und erdstatische Rechenwerte

Vorbemerkung:

Mit Novellierung der VOB/C im September 2015 sind anstelle der bisher üblichen Bodenklassen nach DIN 18300 und DIN 18301 sog. "Homogenbereiche", die den Baugrund hinsichtlich seiner bodenmechanischen und bauverfahrenstechnisch kennzeichnenden Eigenschaften beschreiben sollen, anzugeben. Die Angabe solcher Homogenbereiche ist in der Praxis bisher wenig erprobt und wird der Fachwelt sehr unterschiedlich gehandhabt. In der jetzigen Planungsphase werden daher, wie bisher, die Bodenklassen nach DIN 18300 bzw. 18301 angegeben.

Soweit im Zuge der Fortführung der Planung "Homogenbereiche" definiert werden sollen, kann deren Festlegung in Zusammenarbeit mit den Planern erfolgen.



Auf der Grundlage der durchgeführten Felduntersuchungen sowie eigener Erfahrungen, die an vergleichbaren Böden und Festgesteinen gewonnen wurden, werden nachfolgend die erd- und felsstatischen Kennwerte als charakteristische Rechenwerte und Bodenklassen festgelegt:

Auffüllungen:

Bodengruppe nach DIN 18196	[GW, UM, UL ggf. GI, GU, GU*, SW, SU, SU*, OU]
Bodenklasse nach DIN 18300 nach VOB 2012	3, 4, 5
Bodenklasse nach DIN 18301 nach VOB 2012	BN1, BN 2m BB 2 bis BB 4
Feuchtwichte	γ = 19 – 20 kN/m ³
Ersatzreibungswinkel	$\varphi_{E,k}$ = 30°

Quartärer Auelehm:

Bodengruppe nach DIN 18196	SU, UM, ST, SU*, UL, TL, ggf. TA, TM, ST*, OU, OT
Bodenklasse nach DIN 18300 nach VOB 2012	4, 5
bei Wasserzutritt oder mechanischer Beanspruchung	2 möglich
Bodenklasse nach DIN 18301 nach VOB 2012	BB2
Feuchtwichte	γ = 19 - 20 kN/m ³
Reibungswinkel	φ'_k = 22,5° - 27,5°
Kohäsion	c'_k = 0 - 6 kN/m ²
Steifemodul	$E_{s,k}$ = 4 - 8 MN/m ²

Quartäre Kiessande:

Bodengruppe nach DIN 18196	GW, GU, ggf. SW, SU
Bodenklasse nach DIN 18300 nach VOB 2012	3, 4, bei Geröllen 5
Bodenklasse nach DIN 18301 nach VOB 2012	BN 1 – BN 2, BS 1 – BS 4 möglich
Feuchtwichte	γ = 19 - 20 kN/m ³
Reibungswinkel	φ'_k = 35° bis 37,5°
Kohäsion	c'_k = 0 kN/m ²
Steifemodul, mindestens mitteldicht bis dicht gelagert	$E_{s,k}$ = 60 - 100 MN/m ²



Tertiärer Rupelton:

Bodengruppe nach DIN 18196	überwiegend TA, SU*, ggf. TM, OT vereinzelt Kst
Bodenklasse nach DIN 18300 nach VOB 2012	4, 5
Bodenklasse nach DIN 18301 nach VOB 2012	BN 2, BB 2, BB 3
Feuchtwichte	γ = 20 - 21 kN/m ³
Reibungswinkel	φ'_k = 20°
Kohäsion	c'_k = 20 kN/m ²
Undrainierte Scherfestigkeit	c_u = 150 - 250 kN/m ²
Steifemodul, mindestens steif bis halbfest	$E_{S,k,E}$ = 20 - 40 MN/m ²
Erstbelastung	
Steifemodul, mindestens steif bis halbfest	$E_{S,k,w}$ = 70 MN/m ²
Wiederbelastung	

7 Grundwasser

Bei der Ausführung der Erkundungsbohrungen wurden die nachfolgend aufgeführten Grundwasserstände ermittelt:

Tabelle 6: Gemessene Grundwasserstände.

Bohrungsnummer		BK 1	BK 2	BK 3	BK 4	BK 5	BK 6
Ansatzpunkthöhe	[m NN]	96,92	96,82	96,94	97,15	97,1	97,03
Angebohrt	[m u. GOK]	3,70	3,70	2,20	2,40	2,30	2,00
	[m NN]	93,22	93,12	94,74	94,75	94,80	95,03
Nach Bohrende	[m u. GOK]	3,51	2,32	2,20	2,40	2,30	2,00
	[m NN]	93,41	94,50	94,74	94,75	94,80	95,03

Die bei den Bohrarbeiten gemessenen Grundwasserstände liegen zwischen 2,0 m u. GOK (BK 6) und 3,51 m u. GOK (BK 1) bzw. zwischen 93,4 m NN und 95,03 m NN.

Wie bereits in Abschnitt 5.1 erläutert, korrespondiert der Grundwasserstand im Grundstücksbereich zeitversetzt mit dem Mainwasserstand, der wiederum durch die Staustufe Offenbach reguliert wird.



Für die nahegelegene Staustufe Offenbach (Flusskilometer 39,06) liegen unserem Institut die nachfolgenden Angaben zu den Wasserständen vor:

Stauwasser:	95,20 m NN
10jähriges Hochwasser:	96,00 m NN
50jähriges Hochwasser:	97,07 m NN
100jähriges Hochwasser:	97,55 m NN

Auf der o. g. Datengrundlage wird **vorläufig** der folgende Bemessungswasserstand empfohlen:

Bemessungswasserstand $GW_{Max} = 96,0$ m NN

Außerhalb von Hochwasserzeiten sind nach den Einschätzungen unseres Institutes Grundwasserstände oberhalb des Stauwasserniveaus des Mains zu erwarten.

Zu Verifizierung der Datenbasis und im Hinblick auf eine voraussichtlich erforderliche Grundwasserhaltung für die Baugrube wird die Ausführung von Grundwassermessstellen empfohlen.

8 Versickerung von Niederschlags- und Oberflächenwasser

Auf der Grundlage der in den vorausgegangenen Abschnitten erläuterten Ergebnissen, liegt ein für eine gezielte Versickerung von Niederschlagswasser geeigneter Bodenhorizont mit den Kiessanden der quartären Mainterrassen in Tiefen zwischen 1,2 m und 3,5 m flächendeckend vor.

Gemäß dem hydrologischen Kartenwerk der hessischen Mainebene des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) lag der Grundwasserstand auf dem Untersuchungsgelände zwischen den Jahren 2002 bis 2015 konstant im Bereich von 95 m NN bis 95,5 m NN. Auf der Grundlage dieser Daten und den aktuellen Messwerten, kann für die Bemessung der Versickerungseinrichtungen ein mittlerer höchster Grundwasserstand (MHGW) von 95,75 m NN angesetzt werden.



Nach den Angaben des DVWK-Arbeitsblattes A 138 [10] soll die Mächtigkeit des Sicker-raums bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand ≥ 1 m betragen.

Daher wird empfohlen die vorhandene anthropogene Auffüllung sowie die ggf. anstehenden quartären Auenlehme im Bereich der geplanten Versickerungseinrichtungen auszukoffern und gegen geeignetes Material der Einbauklasse Z 0 mit einem Durchlässigkeitsbeiwert zwischen $k_f = 1 \times 10^{-4}$ m/s und $k_f = 1 \times 10^{-3}$ m/s auszutauschen.

Es ist möglich, dass hohe Grundwasserstände, die z.B. durch Mainhochwässer verursacht werden, die Leistung von Versickerungsanlagen beeinträchtigen bzw. eine Versickerung phasenweise unmöglich machen.

9 Erdbebennachweis

Gemäß DIN EN 1998-1/NA sowie der Planungskarte zur DIN 4149-2005-09 des Hessischen Landesamts für Umwelt und Geologie liegt der Projektstandort in der **Erdbebenzone 0** und ist der **Untergrundklasse T** (Übergangsbereich zwischen Gebieten der Untergrundklasse R und der Untergrundklasse S sowie Gebiete relativ flachgründiger Sedimentbecken) und der Baugrundklasse C zuzuordnen.

10 Vorläufige Bewertung der Gründung

10.1 Allgemeines, Vorbemerkungen

Da noch keine konkreten Planungen vorliegen, mussten zur ersten Abschätzung von zu erwartenden Setzungen sowie des Bettungsmoduls zum jetzigen Planungsstand zunächst Vorabschätzungen zu den auf den Untergrund wirkenden Lasten und der Einbindetiefe der Gebäudekörper in den Untergrund getroffen werden. Vorläufig wurde eine charakteristische Bauwerkslast von rd. $15 \text{ kN} / \text{m}^2$ je Geschossebene (ständige Lasten g_k und veränderliche Lasten q_k) und eine Einbindetiefe von rd. 3,5 m u. GOK bzw. für eine zweigeschossige Unterkellerung von 8,0 m angenommen.



Die nachfolgenden Angaben der zu erwartenden Setzungen und Bettungsmodule stellen daher lediglich orientierende Werte dar, die einen **vorläufigen Charakter** besitzen.

Bei der Ausführung des Neubaus auf einer eingeschossigen Tiefgarage und einer Einbindetiefe des Gebäudes von rd. 3,5 m unterhalb der lokalen Geländeoberkante, kommt die Gründungsebene des projektierten Gebäudekomplexes voraussichtlich in den gut tragfähigen Kiesen und Sanden der quartären Mainterrassen zu liegen.

Bei einer zweigeschossigen Tiefgarage liegt die Gründungsebene voraussichtlich vollflächig im Rupelton.

10.2 Hochhaus

Auf Basis der o. g. Randbedingungen wurde die Lasteinwirkung in den Baugrund abgeschätzt und die zu erwartenden Setzungen im Fall einer konventionellen Plattengründung berechnet. Die errechneten Setzungen liegen im Bereich des 120 m hohen Hochhauses für beide Varianten (1 UG oder 2 UG) bei > 20 cm. Im Übergang zu den deutlich geringer Belasteten Bereichen der Neubebauung mit geringerer Geschossanzahl ist mit deutlichen Setzungsdifferenzen zu rechnen.

Da die zuvor genannten Setzungen / Setzungsdifferenzen nach derzeitiger Einschätzung nicht in Kauf genommen werden können bzw. unverträglich sein dürften, werden Maßnahmen zur Begrenzung der Setzungen / Setzungsunterschiede erforderlich. Als technisch und voraussichtlich wirtschaftlich optimale Lösung wird aus gutachterlicher Sicht vorläufig die Ausführung der Gründung als Kombinierte Pfahl-Plattengründung (KPP) empfohlen.

10.3 Siebengeschossiger Neubau

Im Bereich des siebengeschossigen Gebäudeteils liegen die vorläufig berechneten Setzungen bei einer einfachen Unterkellerung zwischen rd. 2 cm und ca. 7 cm und im Bereich der nicht überbauten Tiefgarage zwischen ca. 4 cm und ca. 9 cm. Auf dieser Grundlage kann der Grundwert des Bettungsmoduls für erste Untersuchungen durch die Tragwerksplanung **vorläufig** wie folgt angesetzt werden:



- 1 UG: Bereiche der Tiefgarage ohne Überbauung: $k_{s,k} = 2 \text{ MN/m}^3$,**
1 UG: Bereiche mit 7 Obergeschossen: $k_{s,k} = 3 \text{ bis } 4 \text{ MN/m}^3$.

Es wird davon ausgegangen, dass zwischen dem Hochhaus und dem restlichen Bürokomplex eine Setzungsfuge ausgebildet wird oder sonstige bauliche Maßnahmen getroffen werden (z.B. Setzungsgasse), um das unterschiedliche Setzungsverhalten der Baukörper bauwerksverträglich zu beherrschen.

Für die Variante von 2 Untergeschossen ergeben sich durch die größere Aushubentlastung bzw. den höheren Wiederbelastungsanteil etwas geringere Setzungen. Als Bettungsmodulansätze können vorab die Folgenden Werte angesetzt werden.

- 2 UGs: Bereiche der Tiefgarage ohne Überbauung: $k_{s,k} = 3 \text{ bis } 4 \text{ MN/m}^3$,**
2 UGs: Bereiche mit 7 Obergeschossen: $k_{s,k} = 4 \text{ bis } 6 \text{ MN/m}^3$.

Die Gründung der einzelnen Bereiche ist in den weiteren Projektphasen noch genauer im Austausch mit dem Tragwerksplaner und Architekten zu untersuchen.

11 Baugrubenherstellung

Bezüglich der Herstellung der zur Bauausführung erforderlichen Baugrube gilt generell die DIN 4124. Weiterhin sind die Empfehlungen der EAB zu beachten.

Da der Neubau mit Gründungstiefen von $\geq 2,5 \text{ m}$ in das Grundwasser einbinden wird und auf den benachbarten Grundstücken derzeit eine passive Grundwassersanierung in Betrieb ist, wird zur Herstellung der Baugrube ein wasserdichter Verbau erforderlich werden. Aus gutachterlicher Sicht kann dieser mittels Spundwänden oder einer überschnittenen Bohrpfahlwand realisiert werden. Weitere Ausführungsvarianten, z.B. Dichtwände mit eingestellten Spundwänden wären grundsätzlich denkbar, aber voraussichtlich nicht wirtschaftlicher. Bei dem Verbau der Baugrube mit Spundwänden sind die Angaben der DIN EN 12063, bei der Herstellung mittels überschnittener Bohrpfahlwand die Angaben der DIN 1536 zu beachten.



Bei einem Spundwandverbau ist zu beachten, dass aufgrund der anstehenden Basisgerölle und der tertiären schluffigen Tone hohe Einbringwiderstände auftreten können und zum Einbau der Spundwandelemente voraussichtlich Einbringhilfen (z B. Vorbohren etc.) nötig werden.

Eine Grundwasserabsenkung in einer offenen, nicht wasserdicht umschlossenen Baugrube ist wegen der dann auftretenden Wechselwirkung mit dem Umfeld (Verschleppung von Kontaminationen) nicht zu empfehlen und wäre voraussichtlich nicht genehmigungsfähig.

Ein gering durchlässiger bzw. abdichtender Bodenhorizont wird mit dem tertiären Rupelton durchschnittlich in einer Tiefe von rd. 6,5 m unter der Geländeoberkante angetroffen.

Die Planung des wasserdichten Baugrubenverbaus ist von der geplanten Aushubtiefe und den bauseits zulässigen Verformungen des Baugrubenverbaus abhängig. Voraussichtlich wird eine Rückverankerung erforderlich.

Empfehlungen zum Kanal- und Leitungsbau können derzeit aufgrund fehlender Planunterlagen nicht ausgearbeitet werden, jedoch auf Basis konkreter Unterlagen nachgereicht werden.

12 Wasserhaltung

Der Nachweis über die Auftriebssicherheit ist auf der Basis detaillierter Bauwerkslasten und -geometrien für die Baugrube zu führen.

Die baupraktisch wasserdichte Baugrubenwand bildet in Kombination mit dem undurchlässigen Untergrund, in den diese einbindet, einen baupraktisch undurchlässigen Trog. Das Grundwasser muss innerhalb dieses Trogs bis rd. 0,5 m unter die Baugrubensohle abgesenkt werden. Nach dem Lenzen der Baugrube (Leeren des Trogs) wird nur eine Rest-Wasserhaltung zur Ableitung des aus Imperfektionen der Verbauwand etc. zufließenden Wassers nötig. Nennenswerte Grundwasserabsenkungen außerhalb der Baugrube sind bei dieser Form der Grundwasserhaltung nicht zu erwarten.



Die Ausführung der Grundwasserhaltung ist in den weiteren Projektphasen in Zusammenarbeit mit den zuständigen Planern genauer zu betrachten.

Wegen der passiven Grundwassersanierung ist es möglich, dass beim Lenzen der Baugrube schadstoffbelastetes Grundwasser aus der Baugrube gefördert wird. In einem solchen Fall ist mit dem Erfordernis einer Grundwasserreinigung und höheren Kosten für die Grundwasserhaltung zu rechnen.

13 Bauwerksabdichtung

Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung bindet die Untergeschossebene, bei der Errichtung des Neubaus auf einer ein- bzw. zweigeschossigen Tiefgarage, in das Grundwasser ein. Demnach liegt eine Beanspruchung durch von außen drückendes Wasser im Sinne der DIN 18533-1 vor.

Insoweit wird es erforderlich, die Untergeschosse als sog. "Weiße Wanne" in WU-Beton auszubilden.

Bei der Ausführung der Untergeschosse als „Weiße Wanne“ bzw. aus wasserundurchlässigem Beton sind auch die Hauseinführungen, Einbringöffnungen sowie Lichtschächte etc. gegen drückendes Wasser abzudichten, da sie Bestandteil des Abdichtungssystems sind.

14 Wegebau

Unabhängig von der nach RStO 12 [14] gewählten Bauklasse, ist gemäß ZTV E-StB 17 [15] zum Nachweis einer ausreichenden Tragfähigkeit auf dem Planum jeweils ein E_{V2} -Wert im statischen Lastplattendruckversuch von $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Die den Bodengruppen [GI], [GW] und [SW] zugeordneten anthropogenen Auffüllungen im Bereich der bestehenden Parkplätze und Zuwegungen sind gem. ZTV E-StB 17 als nicht frostempfindlich zu klassifizieren. Die im Bereich der Grünstreifen aufgeschlossenen Auffül-



lungen der Bodengruppen SU* sowie UM dagegen, sind gem. der o. g. Vorschrift in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 – sehr frostempfindlich – einzustufen.

Zur Bestimmung der Minstdicke des frostsicheren Oberbaus kann die Mächtigkeit unter Berücksichtigung der Frostempfindlichkeit des Untergrundes bzw. Unterbaus, gemäß Abschnitt 3.2.2 der RStO 12 und der nach Abschnitt 3.2.3 der RStO 12 zu ermittelnden Mehr- oder Minderdicken **in Abhängigkeit von der Belastungsklasse**, errechnet werden.

15 Orientierende umwelttechnische Untersuchungen

15.1 Untersuchungsumfang

Zur Durchführung einer orientierenden abfalltechnischen Deklaration wurden Bodenproben der anthropogenen Auffüllungen, des tertiären Rupeltons sowie der quartären Mainterrassen an das akkreditierte Labor der CAL Darmstadt übergeben, zu Mischproben vereint und auf den Parameterumfang des Hessischen Merkblatts „Entsorgung von Bauabfällen“ (Stand 01.09.2018) analysiert.

Eine Auflistung der Einzel- und Mischproben sowie der analysierte Parameterumfang sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:



Tabelle 7: Probenzusammenstellung und Untersuchungsumfang.

Mischprobe	Einzelprobe	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Material	Untersuchungsumfang
MP 1	BK1/CP 1	0,0 - 1,0	Auffüllung	LAGA-Boden gem. aktuellem Hess. Merkblatt
	BK1/CP 2	1,0 - 2,0		
	BK1/CP 3	2,0 - 3,5		
MP 2	BK2/CP 1	0,08 - 1,5	Auffüllung	
	BK2/CP 2	1,5 - 2,7		
	BK2/CP 3	2,7 - 3,5		
MP 3	BK3/CP 1	0,1 - 1,1	Auffüllung	
	BK3/CP 2	1,1 - 1,2		
MP 4	BK4/CP 1	0,1 - 0,7	Auffüllung	
	BK4/CP 2	0,7 - 1,2		
MP 5	BK5/CP 1	0,1 - 1,1	Auffüllung	
	BK5/CP 2	1,1 - 2,3		
MP 6	BK6/CP 1	0,08 - 0,7	Auffüllung	
	BK6/CP 2	0,7 - 1,2		
MP 7	BK4/GP 4	23,0 - 23,3	Rupelton	
	BK6/GP 2	22,5 - 22,7		
Einzelunters.	BK2/GP 1	3,5 - 5,8	Mainterrassen	
Einzelunters.	BK4/GP 2	2,0 - 6,85		

15.2 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen

Die Ergebnisse der chemischen Analysen (CAL-Untersuchungsbericht Nr. 201908522 vom 02.10.2019) liegen diesem Gutachten als Anlage 4 bei.

In Tabelle 8 ist das Ergebnis der umwelttechnischen Deklarationsanalyse sowie die abfalltechnische Einstufung gem. [18] zusammenfassend dargestellt. Parameter, die den Z 0-Zuordnungswert nach [18] nicht überschreiten, sind hierbei nicht aufgeführt.



Tabelle 8: Ergebnisse der orientierenden Deklarationsanalysen.

Probenbezeichnung	Zuordnungsrelevante Parameter		Einstufung	Gesamteinstufung
	Parameterkonzentration			
MP 1	Cadmium	2,1 mg/kg TS	Z 1	Z 1.2
	Kupfer	34,3 mg/kg TS	Z 0*	
	Arsen	0,011 mg/L	Z 1.2	
	pH-Wert	10,48	Z 1.2	
MP 2	pH-Wert	10,68 ¹⁾	Z 1.2	Z 0
MP 3	Arsen	13,1 mg/kg TS	Z 0*	Z 1.2
	Blei	42,7 mg/kg TS	Z 0*	
	Kupfer	35,5 mg/kg TS	Z 0*	
	Arsen	0,016 mg/L	Z 1.2	
MP 4	pH-Wert	9,76	Z 1.2	Z 1
	Nickel	18,6 mg/kg TS	Z 0*	
	Quecksilber	0,99 mg/kg TS	Z 0*	
	Zink	60,1 mg/kg TS	Z 0*	
MP 5	TOC	0,62 ²⁾ Masse-%	Z 1	Z 0*
	Nickel	24,8 mg/kg TS	Z 0*	
MP 6	Blei	51,8 mg/kg TS	Z 0*	Z 1.2
	Chrom (ges.)	42,8 mg/kg TS	Z 0*	
	Kupfer	25,8 mg/kg TS	Z 0*	
	Nickel	44,3 mg/kg TS	Z 0*	
	Quecksilber	0,98 mg/kg TS	Z 0*	
	Zink	68,3 mg/kg TS	Z 0*	
	TOC	0,58 Masse-%	Z 1	
	Arsen	0,026 mg/L	Z 1.2	
pH-Wert	10,34	Z 1.2		
MP 7	TOC	0,98 ²⁾ Masse-%	Z 1	Z 1
BK 2 / GP 1	keine Überschreitung der Z 0 - Zuordnungswerte			Z 0
BK 4 / GP 2	keine Überschreitung der Z 0 - Zuordnungswerte			Z 0

¹⁾ Bezüglich der Zuordnungswerte für die pH-Werte: Niedrige pH-Werte stellen alleine kein Ausschlusskriterium dar. Bei Überschreitung ist die Ursache zu Prüfen.

²⁾ Bezüglich der Zuordnungswerte Z 0 und Z 0* für TOC: Bei einem C:N-Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-%.

Die Mischproben „MP 1“, „MP 3“ und „MP 6“ sind aufgrund erhöhter Arsenkonzentrationen im Eluat gem. [18] in die Einbauklasse Z 1.2 einzustufen.



Die Mischproben der anthropogenen Auffüllung im Bereich der Bohrung BK 2 („MP 2“) sowie der quartären Mainterrassen („BK 2 / GP 1“ und „BK 4 / GP 2“) überschreiten in keinem der analysierten Parameter den Z 0-Zuordnungswert, weswegen diese gem. [18] in die Einbauklasse Z 0 einzustufen sind. Der erhöhte pH-Wert der Mischprobe „MP 2“ ist auf anthropogene Bestandteile wie Beton- und Ziegelbruch zurückzuführen.

Die Mischprobe „MP 5“ ist wegen einer Überschreitung des Z 0-Zuordnungswertes in Bezug auf den Parameter Nickel im Feststoff gem. [18] der Einbauklasse Z 0* zuzuordnen.

Die Mischprobe „MP 4“ ist nach dem jetzigen Befund aufgrund eines erhöhten TOC-Wertes in die Einbauklasse Z 1 einzustufen. Wenn bei weiteren Untersuchungen zusätzlich das C:N-Verhältnis (Kohlenstoff zu Stickstoffverhältnis) untersucht wird, kann dies auf Basis der Tabelle 1.1, Fußnote 5 des Hessischen Merkblattes „Entsorgung von Bauabfällen“ [18] bei einem C:N-Verhältnis von > 25,0 zu einer Einstufung in die Einbauklasse Z 0* führen.

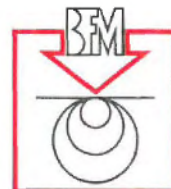
Auch die Mischprobe des tertiären Rupeltons („MP 7“) ist auf der Grundlage des aktuellen Befunds wegen des erhöhten TOC-Wertes in die Einbauklasse Z 1 einzustufen. Auch hier können weitere Untersuchungen zum C:N-Verhältnis ggf. zu einer günstigeren Einstufung führen.

16 Schlussbemerkung

Es wird empfohlen, die Erd- und Gründungsarbeiten vom Baugrundgutachter überwachen, dokumentieren und abnehmen zu lassen.

Es wird vorsorglich nochmals darauf hingewiesen, dass die Angaben im Kapitel "Gründung" zur Bemessung der Bodenplatte einen vorläufigen Charakter haben und im weiteren Projektverlauf Abstimmungen erforderlich werden.

Des Weiteren ist zu beachten, dass die hier durchgeführte Probenahme aus dem Kernmarsch der maschinellen Kernbohrungen verfahrensbedingt nicht die Anforderungen an eine statistisch abgesicherte Probenahme gemäß Deponieverordnung [19] und der Probenahmerichtlinie der LAGA PN 98 [16] erfüllt, weil dabei zu wenig Probenmaterial zutage gefördert



wird. Es hat sich deshalb in der Baupraxis bewährt, entweder nach Abschluss der Abbrucharbeiten oder aber spätestens zu Beginn der Erdarbeiten im Baufeld rasterartig Baggerschürfe anzulegen, das Baggergut zu beproben und nochmals zu analysieren. Dabei ist zu beachten, dass eine solche Analyse für max. 500 m³ der anthropogenen Auffüllung bzw. max. 1.000 m³ des gewachsenen Bodens gilt.

17 Zusammenfassung

Im Projektgebiet stehen Auffüllungen über Auenlehmen, Mainterrassen und tertiärem Rupelton an. Grundwasser wurde in rd. 2 m bis 3 m Tiefe unter der Geländeoberfläche angetroffen, kann aber abhängig von möglichen Mainhochwässern bis nahe an die Geländeoberfläche ansteigen.

Als Baugrubenumschließung wird ein wasserdichter Verbau erforderlich.

Für die Gründung des Hochhauses wird eine Kombinierte Pfahl-Plattengründung (KPP) empfohlen. Das siebengeschossige Gebäude kann auf einer Bodenplatte konventionell gegründet werden.

Deutliche Schadstoffbelastungen wie auf dem Nachbargrundstück wurden mit den aktuellen stichprobenhaften Aufschlüssen und Analysen nicht festgestellt.

i. A. gez.

M.Sc. Scholtyssek

ppa.

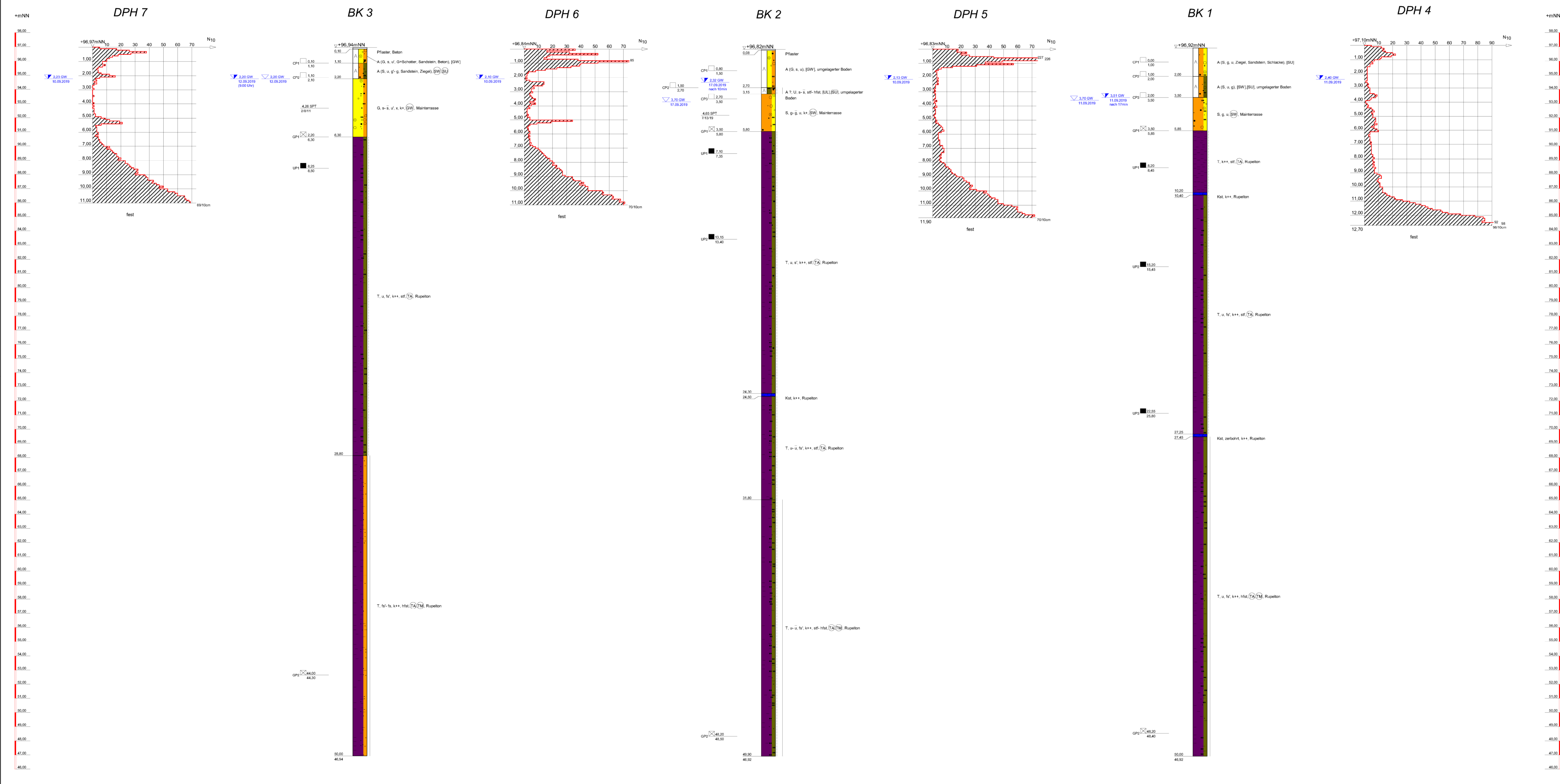
Dipl.-Ing. Adamietz



Dipl.-Ing. Dinkheller



Schnitt A - A



ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

BOHR- UND SONDIERGEWISSEN

- SCH Schurf
- B Bohrung
- IK Bohrung mit durchgehender Korngrennung
- N Normbohrung (DIN 102)
- BL Bohrlochbohrmaschine
- DPM Mittelbohrer-Raumsondierung (MSR) DIN EN ISO 22476-2
- DPS Schwach-Raumsondierung (MSR) DIN EN ISO 22476-2
- BS Sondenbohrung
- ERT Druckmessung nach DIN EN ISO 22476-1
- RKS Klüftensonde (Rammsondierung) DIN EN ISO 22475-1
- GWV Bohrung mit Auslass zur Grundwasserentnahme

BOHRERZEUGNISSE

Artillerie	mit Nocken	A	Füllgerüst	Z
Böschung	mit Nocken	Y	Füllgerüst	Zr
Geschloßbohrer	mit Nocken	Mg	Gerüst	Gr
Kern	mit Nocken	G	Kalotte	Ka
Mühle	mit Nocken	F	Komp. Bohrer	Ko
Sond	mit Nocken	S	Mehrlagen	Ma
SchMIT	mit Nocken	U	Sandstein	St
Sonnr	mit Nocken	X	Schichten	Sch
Taf	mit Nocken	T	Terrain	Ta
Tief	mit Nocken	H	Tief	Tf

BOHRERZEUGNISSE

f	fin	schwach (-15 Pa)
m	mit	mit 15 Pa
e	mit	mit 15 Pa
g	mit	mit 15 Pa

KONSISTENZ

kg	st	schwach	st	stark
st	st	stark	st	stark
st	st	stark	st	stark

RAMMSONDIERUNGSNACH DIN EN ISO 22476-2

Spritzdruck	100 bar	schwach
Spritzdruck	200 bar	stark
Spritzdruck	300 bar	stark

BOHRERZEUGNISSE NACH DIN 18196

GE, SL, TA, UL

BAUFRAGEN

Datum: 05.11.2022

AUFTRAGGEBER: Nordring Offentbuch GmbH & Co. Erwerb KG, Wiesenhüttenstraße 17, 60329 Frankfurt am Main

BAUVORHABEN: Bahnanlagenplan Nr. 652 A "Kaiserhof Nordost" - Hochhaus Offentbuch am Main

Bohr- und Sondierergebnisse

Schnitt A - A

Auftrag-Nr.: 5818-819-528-10165

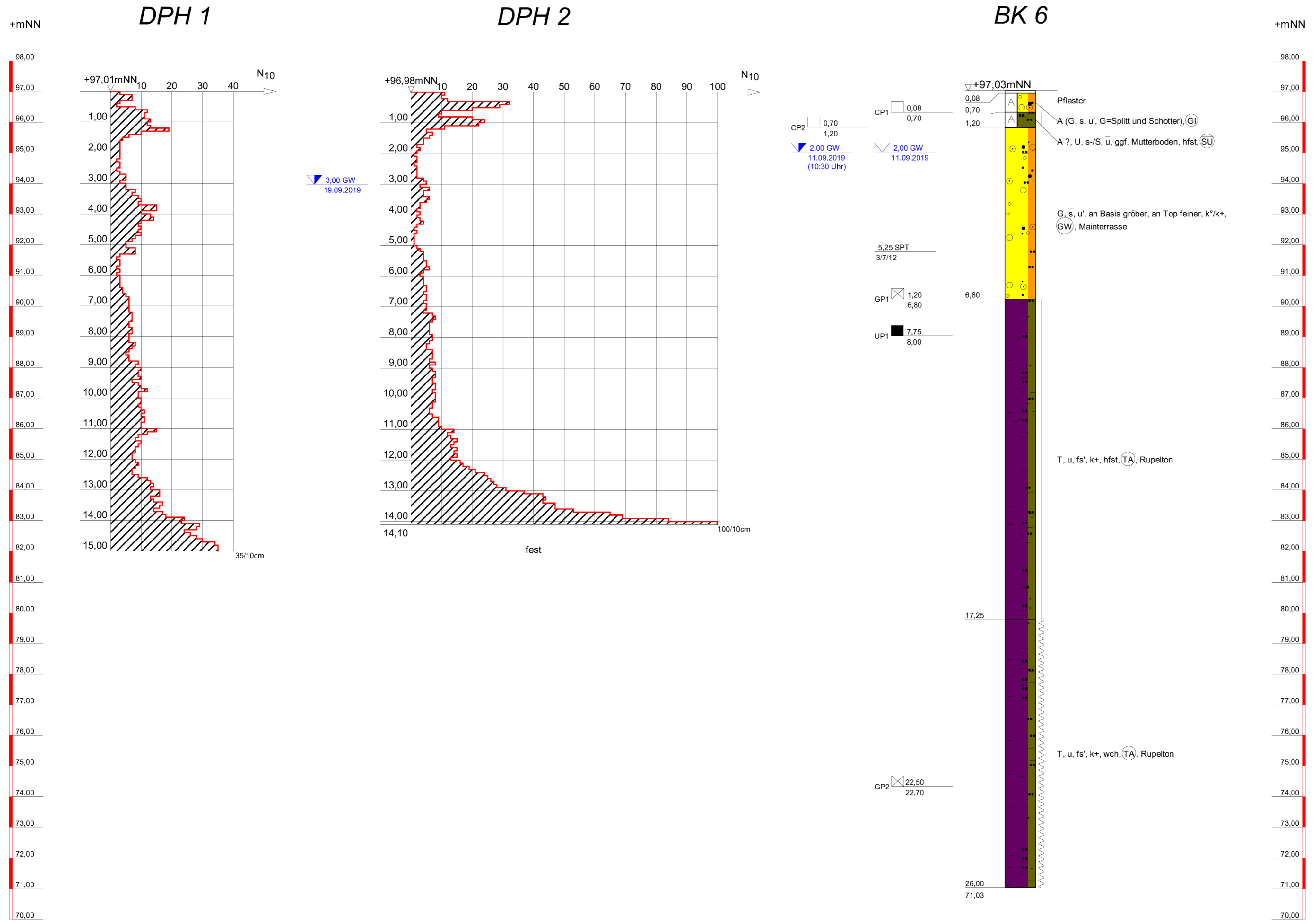
Gezeichnet von: 05.11.2022

Malsch: 1:100

BAUGRUNDINSTITUT
Franco-Meßner und Partner GmbH
Max-Planck-Ring 47
65201 Wiesbaden-Dalshausen
Telefon: 069 12 2952-21, Telefax: 069 12 2952-34
e-Mail: info@bgi-wi.de

Datum: 05.11.2022
Name: SK
Anlage: 2.1

Schnitt B - B



ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

UNTERSUCHUNGSSTELLEN

- SCH Schurf
- B Bohrung
- BK Bohrung mit durchgehender Kerngewinnung
- N Nuts Sondierung d=32mm
- BL Bodenluftnahmessstelle
- DPL Leichte Rammsondierung (LRS) DIN EN ISO 22476-2
- DPM Mittelschwere Rammsondierung (MRS) DIN EN ISO 22476-2
- DPH Schwere Rammsondierung (SRS) DIN EN ISO 22476-2
- BS Sondierbohrung
- CPT Drucksondierung nach DIN EN ISO 22476-1
- RKS Kleinrammbohrung (Rammkernsondierung) DIN EN ISO 22475-1
- GW Bohrung mit Ausbau zur Grundwassermeßstelle

PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER

- Grundwasser angebohrt
- Grundwasser nach Bohrende Ruhewasserstand
- Schichtwasser angebohrt
- ungestörte Probe
- gestörte Probe
- Chemie-Umweltprobe (Glas)
- kein Grundwasser
- Chemie-Umweltprobe (Glas), analysiert

BODENARTEN

Auffüllung	mit Blöcken	A	Fels, allgemein	Z	
Blöcke	mergelig	Y y	Fels, verwittert	Zv	
Geschiebemergel	kiesig	Mg me	Granit	Gr	
Kies	organisch	G g	Kalkstein	Kst	
Mudde	sandig	F o	Kongl., Brekzie	Gst	
Sand	schluffig	S s	Mergelstein	Mst	
Schluff	tonig	U u	Sandstein	Sst	
Steine	humos	X x	Schluffstein	Ust	
Ton		T t	Tonstein	Tst	
Torf		H h			

KORNGRÖßENBEREICH

f	fein		
m	mittel		
g	grob		

NEBENANTEILE

schwach (< 15 %)
stark (ca. 30-40 %)
sehr schwach; sehr stark

KONSISTENZ

brg	breitig	wch	weich
stf	steif	hft	halbfest
fst	fest		

FEUCHTIGKEIT

f	naß
klü	klüftig
klü	stark klüftig

RAMMSONDIERUNG NACH DIN EN ISO 22476-2

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe

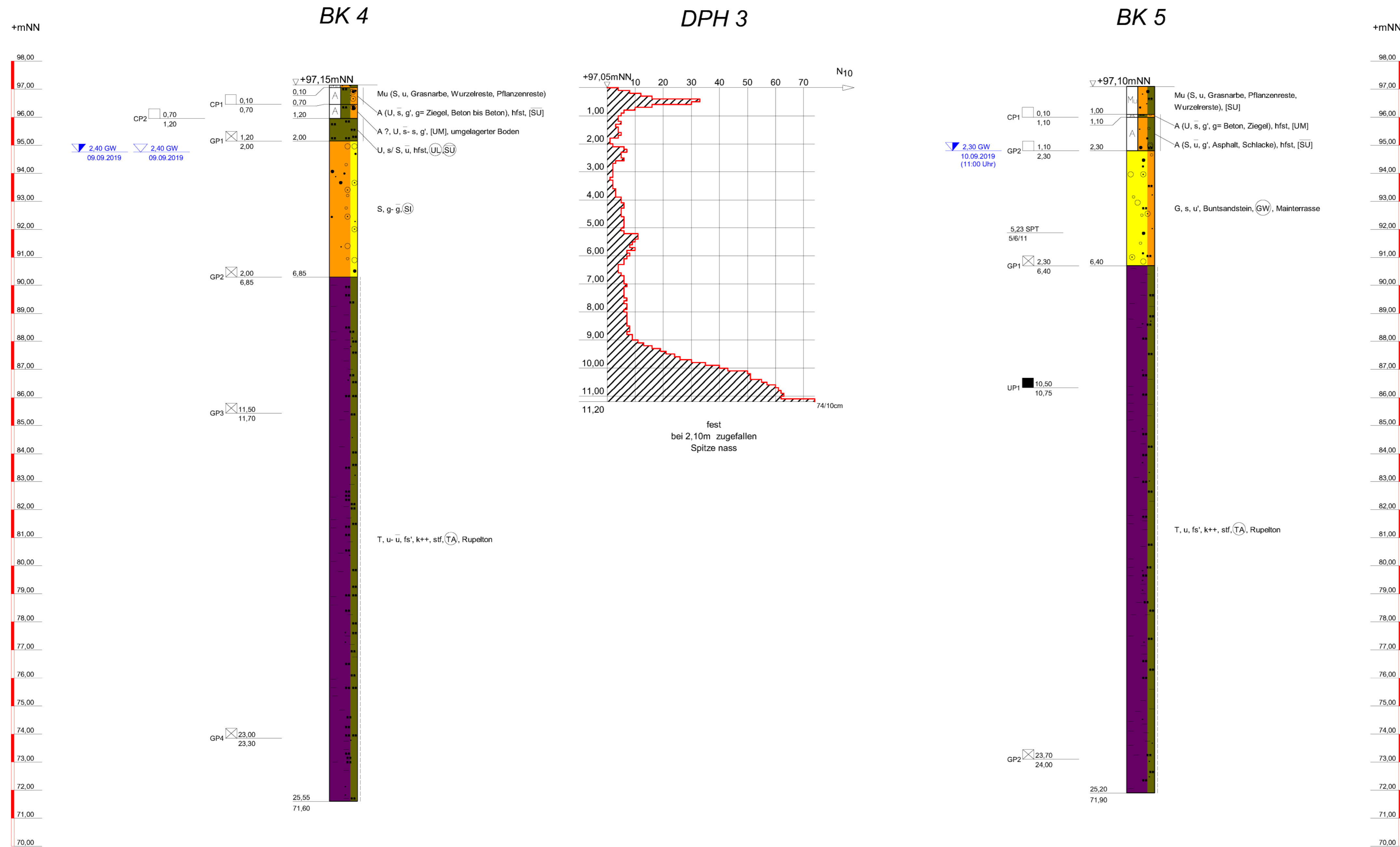
leicht	2.52 cm	schwer	4.37 cm
	5.00 cm ³ /10.00 cm ²		15.00 cm ²

BODENGRUPPEN NACH DIN 18196

GE, SU, TA, UL

Datum bearb.		geprüft									
AUFTRAGGEBER Nordring Offenbach GmbH & Co. Erwerbs KG Wiesenhüttenstraße 17 60329 Frankfurt am Main		BAUVORHABEN Bebauungsplan Nr. 652 A "Kaiserlei Nordost" - Hochhaus Offenbach am Main									
Bohr- und Sondierergebnisse											
Schnitt B - B											
Auftrag-Nr.:	5818-819/528-16165	Maßstab									
Gutachten vom:	03.11.2022	1:100									
		BAUGRUNDINSTITUT Franke-Meißner und Partner GmbH Max-Planck-Ring 47 65205 Wiesbaden-Delkenheim Telefon: 06122/9562-0 Telefax: 06122/9562-34 e-Mail: info@bfm-wi.de									
				<table border="1"> <tr> <th></th> <th>Datum</th> <th>Name</th> </tr> <tr> <td>bearbeitet</td> <td>03.11.2022</td> <td>Sh.K</td> </tr> <tr> <td>geprüft</td> <td>03.11.2022</td> <td>Ad</td> </tr> </table>		Datum	Name	bearbeitet	03.11.2022	Sh.K	geprüft
	Datum	Name									
bearbeitet	03.11.2022	Sh.K									
geprüft	03.11.2022	Ad									

Schnitt C - C



ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

UNTERSUCHUNGSSTELLEN		PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER	
SCH	Schurf	▽	Grundwasser angebohrt
B	Bohrung	▽	Grundwasser nach Bohrende Ruhewasserstand
BK	Bohrung mit durchgehender Kerngewinnung	▽	Schichtwasser angebohrt
N	Nutsondierung d=32mm	▽	ungestörte Probe
BL	Bodenluftnahstelle	▽	gestörte Probe
DPL	Leichte Rammsondierung (LRS) DIN EN ISO 22476-2	▽	Chemie-/Umweltprobe (Glas)
DPM	Mittelschwere Rammsondierung (MRS) DIN EN ISO 22476-2	▽	kein Grundwasser
DPH	Schwere Rammsondierung (SRS) DIN EN ISO 22476-2	▽	Chemie-/Umweltprobe (Glas), analysiert
BS	Sondierbohrung	▽	
CPT	Drucksondierung nach DIN EN ISO 22476-1	▽	
RKS	Kleinrammbohrung (Rammkernsondierung) DIN EN ISO 22475-1	▽	
GWM	Bohrung mit Ausbau zur Grundwassermeßstelle	▽	

BODENARTEN		FELSARTEN	
Auffüllung	A	Fels, allg.	Z
Blöcke	Y y	Fels, verwittert	Zv
Geschiebemergel	Mg me	Granit	Gr
Kies	G g	Kalkstein	Kst
Mudde	F o	Kongl., Brekzie	Gst
Sand	S s	Mergelstein	Mst
Schluff	U u	Sandstein	Sst
Steine	X x	Schluffstein	Ust
Ton	T t	Tonstein	Tst
Torf	H h		

KORNGRÖßENBEREICH		NEBENANTEILE	
f	fein		schwach (< 15%)
m	mittel		stark (ca. 30-40%)
g	grob		schr. schwach; sehr stark

KONSISTENZ		FEUCHTIGKEIT	
brg	breitig	f	naß
stf	steif	klü	klüftig
fst	fest	klü	stark klüftig

RAMMSONDIERUNG NACH DIN EN ISO 22476-2		BODENGRUPPEN NACH DIN 18196	
Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe		leicht	schwer
		Spitzendurchmesser 2.52 cm	4.37 cm
		Spitzenquerschnitt 5.00 cm²/10.00 cm²	15.00 cm²

Datum	bearb.	geprüft
AUFTRAGGEBER Nordring Offenbach GmbH & Co. Erwerbs KG Wiesenhüttenstraße 17 60329 Frankfurt am Main		BAUVORHABEN Bebauungsplan Nr. 652 A "Kaiserlei Nordost" - Hochhaus Offenbach am Main
Bohr- und Sondierergebnisse		
Schnitt C - C		
Auftrag-Nr.:	5818-819/528-16165	Maßstab:
Gutachten vom:	03.11.2022	1:100
		Datum bearbeitet 03.11.2022 Sh.K geprüft 03.11.2022 Ad Anlage
BAUGRUNDINSTITUT Franke-Meißner und Partner GmbH Max-Planck-Ring 47 65205 Wiesbaden-Delkenheim Telefon: 06122/9562-0 Telefax: 06122/9562-34 e-Mail: info@bfm-wi.de		2.3